

PENGARUH IRRADIASI BATU TOPAZ TERHADAP KUALITAS AIR PENDINGIN REAKTOR G.A.SIWABESSY.

Elisabeth Ratnawati, Kawkab Mustofa, Arif Hidayat

ABTRAK

PENGARUH IRRADIASI BATU TOPAZ TERHADAP KUALITAS AIR PENDINGIN REAKTOR G.A.SIWABESSY. Irradiasi batu topaz yang dilakukan baik di dalam maupun di luar teras reaktor merupakan salah satu pemanfaatan reaktor G.A. Siwabessy. Batu Topaz terdiri dari gugusan silikon yang mengandung gabungan alumunium, fluorine dan hidroxil, serta kandungan pengotor yang berbeda pada setiap jenisnya. Dari hasil analisis kualitatif terhadap batu topaz sebelum di iradiasi terdeteksi europium (Eu-152), kalium (K-40) dan natrium (Na-24). Sedangkan dari batu topaz pasca iradiasi terdeteksi europium (Eu), cobalt (Co), cesium (Cs), tantalum (Ta), scandium (Sc), besi (Fe), selenium (Se) dan kalium (K). Adanya unsur-unsur ini dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap kualitas air pendingin reaktor. Tetapi dari hasil analisis kualitatif yang dilakukan terhadap air pendingin primer tidak ditemukan adanya unsur-unsur yang sejenis dengan unsur yang terdapat dalam pengotor batu topaz. Kemungkinan besar hal ini disebabkan karena sebagian pengotor telah tertangkap oleh *resin trap* yang ada dalam sistem purifikasi air pendingin primer, karena dari hasil analisis terhadap kotoran yang menempel pada resin trap terdapat unsur yang sejenis dengan pengotor topaz yaitu Fe dan Co. Adanya sistem purifikasi dalam air pendingin primer menjadikan kualitas air pendingin primer tetap terjaga. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dilihat secara kimiawi kualitas air pendingin reaktor tidak terpengaruh dengan adanya iradiasi batu topaz.

Kata kunci: iradiasi, batu topaz.

ABSTRACT

THE EFFECT OF TOPAZ IRRADIATION TO THE QUALITY OF COOLING WATER REACTOR GA SIWABESSY. Topaz irradiation which applied both inside and out side the reactor core is one utilization of the reactor GA Siwabessy. Topaz consists of silicon clusters containing a combination of aluminum, fluorine and hidroxil, and impurities. The results of the qualitative analysis of the topaz before irradiation detected europium (Eu-152), potassium (K-40) and sodium (Na-24). While the post-irradiation of topaz detected europium (Eu), cobalt (Co), cesium (Cs), tantalum (Ta), scandium (Sc), iron (Fe), selenium (Se) and potassium (K). These elements might affect the quality of the cooling water. But the results of the qualitative analysis that were carried out to the primary cooling water did not reveal any elements similar to the elements contained in topaz impurities. Most likely this is because most impurities have been caught by the resin trap in purification systems, because of the results of the analysis of the dirt on the resin trap contained elements similar to the impurities Fe and Co topaz. The purification system makes quality primary cooling water is maintained. From the result shows that chemically the quality of primary cooling water is not affected by the topaz irradiation.

Keyword: irradiation, topaz stone.

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy (RSG GAS) adalah reaktor riset dengan daya maksimum 30 MW. Reaktor ini dilengkapi dengan fasilitas iradiasi, baik yang berada di teras reaktor maupun di luar teras. Salah satu dari sekian banyak pemanfaatan reaktor G.A. Siwabessy adalah iradiasi batu topaz. Tujuan iradiasi batu topaz ini adalah untuk meningkatkan nilai jual, karena batu topaz yang di iradiasi didalam reaktor akan memiliki warna warna yang indah. Iradiasi dilakukan baik di dalam teras reaktor maupun di luar teras reaktor. Waktu yang dibutuhkan untuk iradiasi batu topaz dengan posisi didalam teras reaktor (*in core*) adalah

10 jam, dan untuk posisi di luar teras (*out core*) adalah 8 hari.

Batu Topaz terdiri dari gugusan silikon yang mengandung gabungan alumunium bersama dengan fluorine dan hidroxil. Topaz mempunyai rumus kimia $Al_2SiO_4(OH_4F)_2$ yang apabila bereaksi dengan neutron akan terjadi reaksi inti. Produk reaksi inti tersebut diantaranya adalah P^{31} yaitu hasil peluruhan Si^{31} yang memancarkan γ dan β dengan waktu 2,62 jam. Dalam reaktor kemungkinan terjadi pula reaksi antara neutron dengan unsur-unsur pengotor yang terdapat dalam batu topaz. Karena batu topaz memiliki kandungan pengotor yang amat beragam dan berbeda beda, tergantung lokasi asal batu tersebut diambil. Adanya unsur pengotor dalam

batu topaz yang diiradiasi didalam kolam reaktor dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap kualitas pendingin reaktor baik secara langsung maupun tidak langsung. Tulisan ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah iradiasi batu topaz dalam reaktor berpengaruh terhadap kualitas air pendingin reaktor, dengan cara melakukan pencacahan pada batu topaz pra dan pasca iradiasi dengan menggunakan alat pencacah spektrometri gamma. Hasil analisis terhadap kandungan unsur dalam batu topaz akan dihubungkan dengan hasil pencacahan air pendingin primer yang berfungsi sebagai pendingin reaktor. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui, sejauh mana unsur-unsur yang terkandung dalam batu topaz tersebut berpengaruh terhadap kualitas air pendingin reaktor.

TEORI

Batu Topaz

Batu topaz termasuk deretan batu mulia kategori papan atas yang mempunyai nilai kekerasan 8, dibawah intan yang memiliki nilai kekerasan 10. Batu Topaz terdiri dari gugusan silikon yang mengandung gabungan alumunium bersama dengan fluorine dan hidroxil. Disebut Topaz karena batu ini berasal dari kepulauan Topazos yang terletak di Laut Merah⁽⁴⁾. Topaz sudah dikenal sejak jaman Mesir Kuno. Orang Yunani mempercayai topaz memberikan kekuatan dari sisi penglihatan, baik penglihatan batin maupun fisik. Keindahan batu topaz biasanya ditemui dalam bentuk kristal yang mempunyai kilauan prismatik dan memantulkan uraian cahaya.

Pemuliaan topaz dengan teknik iradiasi neutron dapat mengubah warna topaz dari putih menjadi warna warna tertentu tergantung pada besarnya fluks neutron, lama iradiasi, dan geometri bahan dasarnya. Topaz mempunyai rumus kimia $Al_2SiO_4(OH_4F)_2$ yang apabila bereaksi dengan neutron akan terjadi reaksi inti. Produk reaksi inti tersebut diantaranya adalah P^{31} yaitu hasil peluruhan Si^{31} yang memancarkan γ dan β dengan waktu 2,62 menit. Dalam reaksi neutron dengan topaz dimungkinkan pula adanya reaksi terhadap unsur-unsur pengotor yang terdapat dalam batu topaz. Reaksi antara batu topaz dengan neutron akan menghasilkan pula nuklida dengan waktu paruh yang berbeda, tergantung jenis pengotor yang ada dalam batu topaz tersebut, baik yang memiliki waktu paruh pendek (orde detik) hingga panjang (orde tahun). Oleh karena itu selalu dibutuhkan perlakuan khusus terhadap topaz pasca iradiasi. Kontak antara batu topaz dengan air pendingin reaktor terjadi pada batu topaz yang diiradiasi dalam posisi *incore*. Sedangkan pada posisi *outcore* batu topaz diiradiasi dalam tabung tertutup yang kedap udara.

Sistem Purifikasi Air Pendingin Reaktor

Untuk menjaga agar kualitas air pendingin primer tetap terpenuhi maka sistem pendingin primer RSG-GAS dilengkapi dengan tiga sistem pemurnian yaitu:

Sistem Pemurnian air kolam KBE01

Sistem purifikasi ini terdiri dari sistem filter mekanis dan filter penukar ion berisi campuran 750 liter anion dan 750 liter kation tipe Lewatit. Sebagai indikasi penggantian resin pada *mixed bed filter* adalah bila tekanan sebelum dan sesudah melewati resin $>1,5$ bar atau radioaktivitas $>0,1$ Ci/m³ dan atau konduktivitas air keluaran filter penukar ion > 8 μ S/cm. Sedangkan resin trap akan diganti jika perbedaan tekanan >2 bar.

Sistem pemurnian lapisan air hangat (KBE02)

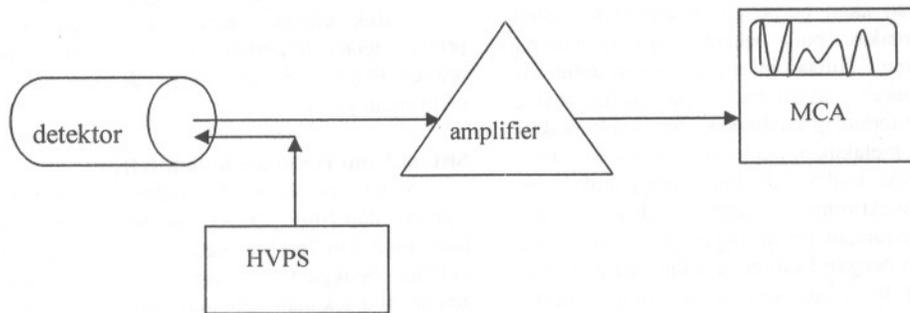
Sistem ini terdiri dari *mixed bed filter* dan filter mekanik dengan laju alir 20 m³/jam. Filter penukar ion berisi campuran 200 liter anion OH⁻ dan 200 liter kation H⁺ resin tipe Lewatit. Kejenuhan *mix-bed filter* diindikasikan oleh adanya perbedaan tekanan pada sebelum dan sesudah resin sebesar > 1.5 bar. atau radioaktivitas sebesar sebesar $> 5 \times 10^{-2}$ Ci/m³ untuk aliran masuk dan $> 10^{-3}$ Ci/m³ untuk aliran balik dan atau konduktivitas air keluaran filter penukar ion $> 8 \mu$ S/cm. Sedangkan resin trap akan diganti apabila perbedaan tekanan antara sebelum dan sesudah filter sebesar > 2 bar.

Sistem pemurnian air kolam penyimpanan bahan bakar bekas (FAK 01)

Sistem ini terdiri dari filter mekanik dan *mixed bed filter* yang berisi campuran 350 liter anion OH⁻ dan 350 liter kation H⁺ resin tipe Lewatit. Tingkat kejenuhan resin tersebut ditandai dengan adanya perbedaan tekanan antara sebelum dan sesudah filter sebesar $> 1,5$ bar. atau radioaktivitas sebesar $> 10^{-3}$ Ci/m³ dan atau konduktivitas air keluaran filter penukar ion > 8 μ S/cm. Sedangkan resin trap akan diganti apabila perbedaan tekanan antara sebelum dan sesudah filter sebesar > 2 bar.

Spektrometer sinar gamma

Secara sederhana spektrometri gamma dapat didefinisikan sebagai suatu cara pengukuran dan identifikasi zat-zat radioaktif dengan jalan mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi sinar gamma yang dipancarkan oleh zat-zat radioaktif tersebut dengan detektor⁽³⁾. Spektrum radiasi tersebut dapat menunjukkan nilai intensitas pada setiap tingkat energi, sehingga puncak energi dari radiasi yang datang dapat ditentukan. Konfigurasi umum dari suatu spektrometer digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 1: Konfigurasi Spektrometer⁽³⁾.

Spektrometer gamma merupakan sistem spektroskopi untuk mengukur radiasi gamma. Dengan demikian detektor yang digunakan adalah detektor gamma. Detektor spektrometer gamma yang biasanya digunakan adalah detektor sintilasi (NaI)TI dan detektor semi konduktor Ge(Li) atau Ge kemurnian tinggi (HpGe). Dewasa ini detektor (NaI)TI makin ditinggalkan dan digantikan oleh detektor semikonduktor germanium, kecuali untuk teknik pencacahan tertentu. Hal ini disebabkan karena daya pisah (resolusi) detektor semikonduktor jauh lebih baik dibandingkan dengan detektor (NaI)TI.

TATA KERJA

Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan peralatan sebagai berikut:

1. Sistem spektroskopi gamma yang terdiri dari detektor HPGe beserta pre-amplifier dan dewar, HVPS, spektroskopi amplifier, ADC dan MCA

2. Sumber gamma standard campuran (Ba-133, Cs-60, Co-60) untuk kalibrasi energi
3. Batu topaz dari beberapa lot, baik yang sudah di iradiasi maupun yang belum di iradiasi.

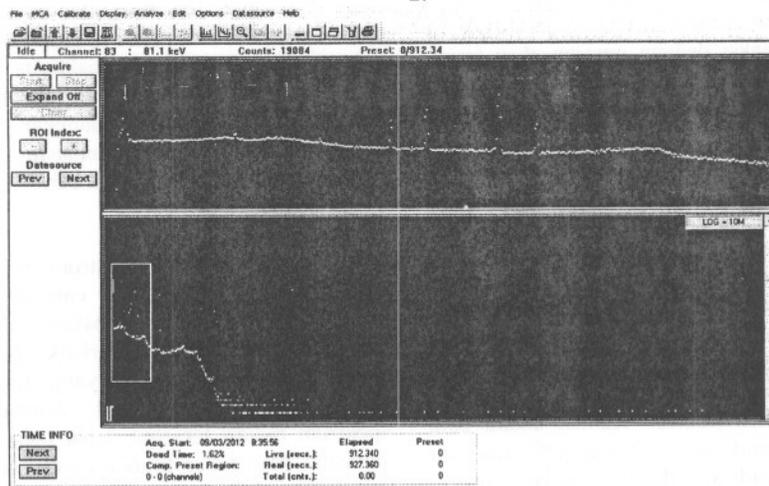
Langkah Kerja :

Langkah Kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat sistem spektroskopi sinar gama
2. Kalibrasi energi dengan sumber gamma standar campuran (Ba-133, Cs-60, Co-60)
3. Batu topaz diletakkan pada jarak tertentu dari detektor.
4. Pencacahan dilakukan selama 7,5 - 18 jam untuk batu topaz yang belum di iradiasi, dan 1 jam untuk batu topaz teriradiasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada analisis kandungan pengotor batu topaz secara kualitatif ini dilakukan kalibrasi energi. Spektrum kalibrasi energi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Spektrum kalibrasi energi

Kalibrasi energi digunakan untuk mengidentifikasi energi dari spektrum atau puncak-puncak yang muncul⁽¹⁾. Sumber standar yang digunakan untuk melakukan kalibrasi adalah sumber yang sudah diketahui aktivitasnya. Sumber standar yang digunakan untuk kalibrasi disini digunakan Ba-133 untuk energi rendah, Cs-37 yang mewakili energi menengah dan Co-60 yang mewakili energi tinggi.

Berdasarkan hasil pencacahan selama antara 7 - 18 jam terhadap batu topaz pra iradiasi yang diambil secara acak dari beberapa macam Lot (bagian/jenis), dapat terdeteksi adanya nuklida Eu-152, K-40 dan Na-24. Hasil pencacahan terhadap batu topaz pra iradiasi dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel1: Hasil Pencacahan Terhadap Batu Topaz Pra Iradiasi.

No	WAKTU PENCACAHAN (detik/jam)	JENIS NUKLIDA
1	65.797 detik / 18,2 jam	Eu-152, K-40
2	60.301 detik/ 16,75 jam	Eu-152, K-40
3	27.602 detik/7,6 jam	K-40, Na-24
4	63.800 detik/17,7 jam	K-40
5	63.000 detik /17 jam	Eu-152, K-40
6	60.243 detik /16 jam	Eu-152, K-40

Kalium banyak terdapat dalam mineral batuan alam yang umumnya bersifat senyawa karbonat. Kalium merupakan unsur logam alkali yang berwarna putih keperakan. Terdapat tiga isotop utama kalium K-39 (93,3%), K-40 (0,012%) dan K-41 (6,7 %). Isotop K-39 dan K41 adalah stabil

sedang K-40 bersifat radioaktif⁽⁴⁾. Europium termasuk golongan logam tanah jarang yang banyak ditemukan dalam perut bumi yaitu dalam bijian monasit tetapi tidak sebagai unsur bebas. Sedangkan Na-24 kemungkinan besar berasal dari pengotor yang menempel pada batuan topaz tersebut pada saat proses pencucian maupun pengiriman.

Batu Topaz yang terdiri dari gugusan silikon mengandung gabungan aluminium bersama dengan fluorine dan hidroxil, dengan rumus kimia $Al_2SiO_4(OH_4F)_2$. Akan tetapi dari hasil pencacahan terhadap beberapa jenis batu topaz pasca iradiasi, tidak terdeteksi kedua jenis unsur dominan tersebut yaitu Si dan Al. Hal ini disebabkan karena silika dan aluminium memiliki umur paruh yang pendek (Al: 2,24 menit dan Si: 2,62 jam), sehingga nuklida yang terbentuk sudah meluruh sebelum waktu pencacahan. Unsur-unsur yang dapat terdeteksi dari hasil pencacahan batu topaz setelah di iradiasi adalah Eu, Co, Cs, Ta, Sc, Fe, Se dan K.

Berdasarkan hasil pencacahan terhadap 20 sampel batu topaz, terdapat 12 sampel yang memiliki unsur Eu. Sedangkan unsur lain yang banyak terdeteksi dalam batu topaz pasca iradiasi adalah scandium (Sc), dimana dari 20 sampel, sebelas diantaranya terdeteksi adanya scandium. Unsur lain yang juga banyak terdapat dalam batuan topaz adalah tantalum (Ta), besi (Fe), selenium (Se) dan kalium (K). Unsur-unsur tersebut kemungkinan berasal dari batu topaz itu sendiri maupun pengotor yang menempel pada batu topaz, dan sulit dipisahkan walaupun sudah melalui proses pencucian. Hasil pencacahan batu topaz pasca iradiasi dapat dilihat pada Tabel. 2.

Tabel 2: Hasil Pencacahan Batu Topaz Pasca Iradiasi

NO	KODE	JENIS NUKLIDA							
		Eu-152	Co-60	Cs-134	Ta-182	Sc-46	Fe-59	Se-75	K-40
1	Lot 515	√	-	-	-	-	-	-	-
2	Lot 539	√	-	-	-	-	-	-	-
3	Lot 543	√	-	-	-	-	-	-	-
4	Lot 549	-	-	√	-	-	-	-	-
5	Lot 705	√	-	-	-	-	-	-	-
6	Lot 714	√	√	-	√	√	-	-	√
7	Lot 716	√	-	√	-	-	-	-	-
8	Lot 718	-	-	√	-	-	-	-	-
9	Lot 721	-	√	-	-	√	-	-	√
10	Lot 724	-	-	-	-	√	-	-	-
11	Lot 728	√	-	-	-	√	-	-	-
12	Lot 729	√	-	-	√	√	-	-	√
13	Lot 731	-	-	√	-	-	-	-	-
14	Lot 736	-	-	-	-	√	-	-	-
15	Lot 738	√	-	-	-	-	-	-	-
16	Lot 739	√	-	-	√	√	√	-	-

NO	KODE	JENIS NUKLIDA							
		Eu-152	Co-60	Cs-134	Ta-182	Sc-46	Fe-59	Se-75	K-40
17	Lot 744	√	-	-	√	√	√	√	-
18	Lot 755	-	-	-	√	√	√	√	√
19	Lot 759	√	-	-	√	√	√	-	-
20	Lot 760	-	-	-	√	√	√	√	-

Unsur europium (Eu) memiliki waktu paruh yang cukup lama Eu (13,33 tahun). Kadang-kadang hal ini menjadi penyebab batu topaz memiliki paparan yang tinggi. Karena itu pada beberapa lot yang berisi topaz yang memiliki unsur pengotor Eu, perlu dilakukan pemilahan secara lebih teliti dan dilakukan perhitungan aktivitasnya, sebelum dikirim kepada pemiliknya.

Dengan adanya unsur-unsur pengotor yang terdeteksi dalam batu topaz ini dikhawatirkan bahwa irradiasi batu topaz akan berpengaruh terhadap kualitas air pendingin reaktor. Tetapi dari hasil pencacahan air pendingin primer (Tabel 3) tidak terdeteksi unsur-unsur yang mengindikasikan adanya pengaruh tersebut. Terjaganya mutu/kualitas air pendingin reaktor sehingga tetap berada dalam kondisi normal ini disebabkan karena adanya sistem purifikasi dalam air pendingin reaktor yaitu KBE-01, KBE-02 dan FAK-01 yang berfungsi untuk membersihkan air dari senyawa yang sudah teraktivasi serta kotoran mekanik, baik itu terlarut maupun tidak terlarut akan menjaga kualitas air pendingin pada tingkat yang ditentukan. Dan secara

periodik, filter mekanik ini diganti dengan filter yang baru. Dari hasil penelitian terdahulu (Tabel 4), yaitu analisis terhadap kandungan unsur yang menempel dalam resin trap/ saringan mekanik yang ada dalam sistem purifikasi dapat terdeteksi beberapa unsur antara lain Mn, Na, Cr, Fe, Zn dan Co. Jika dilihat jenis-jenis unsur hasil cacahan batu topaz dan jenis unsur hasil analisis terhadap kotoran yang menempel pada saringan mekanik / resin trap, maka ada dugaan bahwa sebagian kotoran yang menempel dalam resin trap ini kemungkinan merupakan unsur-unsur pengotor batu topaz, karena adanya unsur yang sama dari hasil analisis keduanya. Sedangkan untuk unsur-unsur pengotor terlarut yang tidak tertangkap oleh filter mekanik, kemungkinan besar telah tertangkap oleh filter penukar ion yang merupakan campuran 200 liter anion OH⁻ dan 200 liter kation H⁺ resin tipe Lewatit⁽²⁾. Dengan adanya sistem purifikasi yang berfungsi dengan baik, maka secara kimiawi dapat dikatakan bahwa kualitas air pendingin reaktor tidak terpengaruh dengan adanya irradiasi batu topaz.

Tabel 3: Hasil Analisis Rata-Rata Sampel Air Primer KBE 01 Daya Reaktor 15 MW⁽⁶⁾

NUKLIDA	SEBELUM FILTER RESIN (Bq/l)	SETELAH FILTER RESIN (Bq/l)	T _{1/2}
Rh-106	3216,045	1826,52	29,9 detik
Sb-122	849,50	144,53	2,70 hari
Mn-56	679,74	337,48	2,579 jam
Ar-41	322,73	5910,215	1,83 jam
Na-24	28043,795	9503,86	15,2 jam

Tabel 4: Hasil Analisis Kualitatif Pengotor Pada Resin Trap⁽²⁾

LOKASI	JENIS NUKLIDA					
	Mn-56	Na-24	Cr-51	Fe-59	Zn-65	Co-60
KBE 01	√	√	√	√	√	-
KBE 02	√	√	√	√	√	√
FAK-01	√	√	√	√	√	√
Blanko	-	√	√	-	√	-

KESIMPULAN

Adanya sistem purifikasi dalam sistem pendingin primer yang berjalan dengan baik, maka secara kimiawi kualitas air pendingin reaktor tidak terpengaruh dengan adanya irradiasi batu topaz.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonymous, IAEA Practical Aspect of Operating A Neutron Activation Laboratory. IAEA-TECDOC-564, Wina 1990
2. ELISABETH RATNAWATI, dkk. Analisis Pengotor Pada Resin Trap Dengan Metode

- Analisis Aktivasi Neutron. Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengelolaan Perangkat Nuklir. PTAPB-BATAN, 2010.
3. **HENDRIYANTO HT**, Spektrometri Gamma, Pelatihan Penyelia Laboratorium Analisis Aktivasi Neutron, Pusdiklat, 2003
4. www.wordpress.com, Pancaran Keindahan Batu Topaz, diunduh 2011
5. <http://www.gemselect.com/other-info/topaz-colors.php>, diunduh Juni 2012
6. **YULIUS SUMARNO dkk**, Pengendalian Air Pendingin Primer Teras 66 di Reaktor Serba Guna GA.Siwabessy. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir 2010.